

Analisa Kerja Rele Diferensial Pada Trafo 60 MVA Di Gardu Induk Wonosari 150 kV



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik
Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

Ahmad Sidik

D400140070

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**Analisa Kerja Rele Diferensial Pada trafo 60 MVA Di Gardu Induk
Wonosari 150 kV**

PUBLIKASI ILMIAH

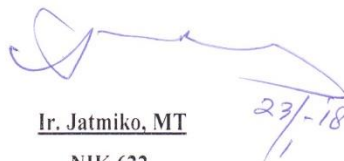
oleh:

AHMAD SIDIK

D400140070

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing


Ir. Jatmiko, MT
NIK.622

23/18
1

HALAMAN PENGESAHAN

**Analisa Kerja Rele Diferensial Pada trafo 60 MVA Di Gardu Induk
Wonosari 150 kV**

OLEH

AHMAD SIDIK

D400140070

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari 31 Januari 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Jatmiko M.T
(Ketua Dewan Penguji)
2. Umar, ST. MT
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Hasyim Asy'ari, ST.MT
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

a Dekan,


Ir. Sri Sunarjono, M.T., D., IPM
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 31 Januari 2018

Penulis



AHMAD SIDIK

D4000140070

ANALISA KERJA RELE DIFERENSIAL PADA TRAFU 60 MVA DI GARDU INDUK WONOSARI 150 KV

Abstrak

Trafo tenaga adalah perlengkapan yang masuk dalam sistem transmisi dimana trafo tenaga perlu dijaga keandalannya dalam penyaluran tenaga listrik dan meminimalisir susut daya ataupun drop tegangan. Menjaga keandalan kerja trafo tenaga sangatlah penting oleh karena itu diperlukan sebuah sistem proteksi, dimana sistem proteksi ini berfungsi agar kinerja trafo tenaga tetap optimal, salah satu sistem proteksi yang ada dalam trafo tenaga adalah rele diferensial. Rele diferensial merupakan salah satu proteksi yang seharusnya bisa diandalkan dari gangguan yang akan timbul dan merupakan proteksi terhadap transformator arus (CT) pada saat adanya gangguan. Tugas rele diferensial ini untuk menjaga kestabilan antar trafo arus (CT) pada sisi primer dan sekunder dimana untuk menjaga dari gangguan-gangguan internal maupun eksternal. Metode yang digunakan dengan cara mengumpulkan data yang diperlukan di Gardu Induk Wonosari dan melakukan perhitungan. Hasil arus *rating* pada sisi tegangan 150 kV sebesar 254,034 A dan pada sisi tegangan 20 kV sebesar 1905,255 A. Hasil perhitungan arus *rating* digunakan sebagai pertimbangan nilai rasio yang sesuai ada di pasaran pada sisi trafo tegangan tinggi sebesar 300:1 A dan sisi tegangan rendah sebesar 2000:1 A. Hasil *error mismatch* pada tegangan tinggi 0,88%, sedangkan pada tegangan rendah 1,125%. Perhitungan *setting* arus didapatkan nilai sebesar 0,1 A.

Kata kunci : trafo tenaga, sistem proteksi, rele diferensial

Abstract

The power transformer is the equipment that enters the transmission system where the power transformer needs to be maintained reliable in the distribution of electric power and minimize the loss of power or voltage drop. Keeping the power transformer work is very important therefore it is necessary a protection system, where the protection system is functioned for the performance of power transformers remain optimal, one of the existing protection systems in the power transformer is a differential release. The differential relay is one of the most reliable protections of disturbance that will arise and is a protection against the current transformer (CT) in the event of an interruption. This differential task is to maintain the stability between the current transformer (CT) on the primary and secondary side where to guard against internal and external disturbances. The method used by collecting the required data in Wonosari Substation and doing the calculation. The result of the rating current on the side voltage of 150 kV is 254,034 A and on the side voltage of 20 kV is 1905.255 A. The current rating calculation result is used as the consideration of the corresponding ratio value on the market on the high voltage transformer side of 300: 1 A and the voltage side low of 2000: 1 A. The result of error mismatch at high voltage 0.88%, while at low voltage 1.125%. Calculation of current settings obtained value of 0.1 A.

Keywords : power transformer, protection system, differential relay

1. PENDAHULUAN

Sumber energi listrik saat ini menjadi salah satu kebutuhan primer bagi masyarakat Indonesia yang terpenuhi. Menurut (Michael Agustinus, 2017) tingkat perbandingan jumlah penduduk

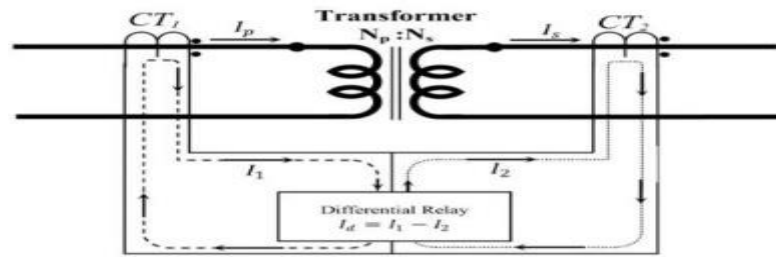
yang telah mendapat listrik juga terus ditingkatkan dari 87,5% pada akhir 2014 menjadi 91,16% per Juni 2017. Artinya, 91,16% wilayah Indonesia sudah terlistriki, tinggal 8,84% yang belum dijangkau oleh jaringan listrik PLN. Sampai akhir 2017, ditargetkan rasio elektrifikasi mencapai 92,75%. Ketersediaan listrik agar dapat memenuhi kebutuhan maka dibutuhkan sistem transmisi yang bagus dan handal. Secara umum sistem tenaga listrik memiliki 3 komponen penting diantaranya sistem distribusi, pusat pembangkit, dan sistem transmisi.

Sistem transmisi adalah suatu sistem penyaluran tenaga listrik dari pembangkit energi listrik ke distribusi listrik. Cara kerja sistem transmisi dengan cara menaikkan tegangan sebelum ke gardu induk. Tujuan dari penaikan tegangan adalah untuk meminimalisir dari susut daya serta drop tegangan. Perlengkapan pada gardu yang dibutuhkan untuk pendistribusian energi listrik antara lain trafo tenaga, isolator, pemutus tenaga (PMT), busbar, sistem pengetanahan, rele dan pengaman. Pendistribusian energi listrik pada sistem transmisi pasti mengalami gangguan-gangguan dalam penyalurannya salah satunya pada trafo tenaga. Trafo tenaga berkerja dengan prinsip magnetis yang berfungsi pemindahan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lainnya, oleh karena itu dibutuhkan sebuah proteksi sebagai pengaman jika terjadi gangguan (Y.C. Kang & E.S. Jin, 2004).

Sistem proteksi dibutuhkan untuk melindungi peralatan listrik pada gardu induk yang berguna untuk menstabilkan penyaluran tenaga listrik dan menghindari kerusakan. Syarat agar sistem proteksi dinyatakan baik dan dapat disebut sebagai sistem proteksi maka harus memenuhi beberapa hal diantaranya adalah handal, cepat, selektif dan peka. (Yuniarto dkk, 2015).

Rele diferensial adalah salah satu proteksi yang seharusnya bisa diandalkan dari gangguan yang akan timbul dan merupakan proteksi terhadap transformator arus (CT) pada saat adanya gangguan seperti hubung singkat, gangguan ini terjadi ketika timbul selisih antara arus masuk dan arus keluar yang mengakibatkan rele akan beroperasi (Hari Prasetyo & Firman Arif Romadhona, 2010). Rele diferensial menggunakan prinsip hukum kirchof, yang artinya jumlah arus masuk pada suatu titik sama dengan jumlah arus yang keluar dari titik tersebut.

Tugas rele diferensial ini untuk menjaga kestabilan antar trafo arus (CT) pada sisi primer dan sekunder dimana untuk menjaga dari gangguan-gangguan internal maupun eksternal (Hamed Dashti & Majid Sanaye-Pasand, 2014). Rele diferensial ini tidak bisa dijadikan untuk pengaman cadangan dan rele ini memiliki daerah pengaman yang dibatasi oleh trafo arus (CT).

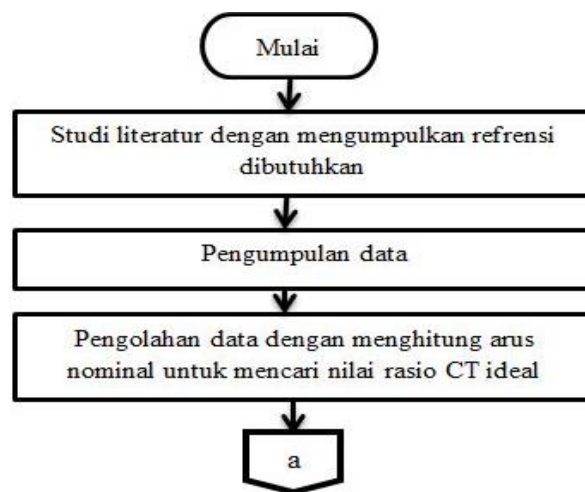


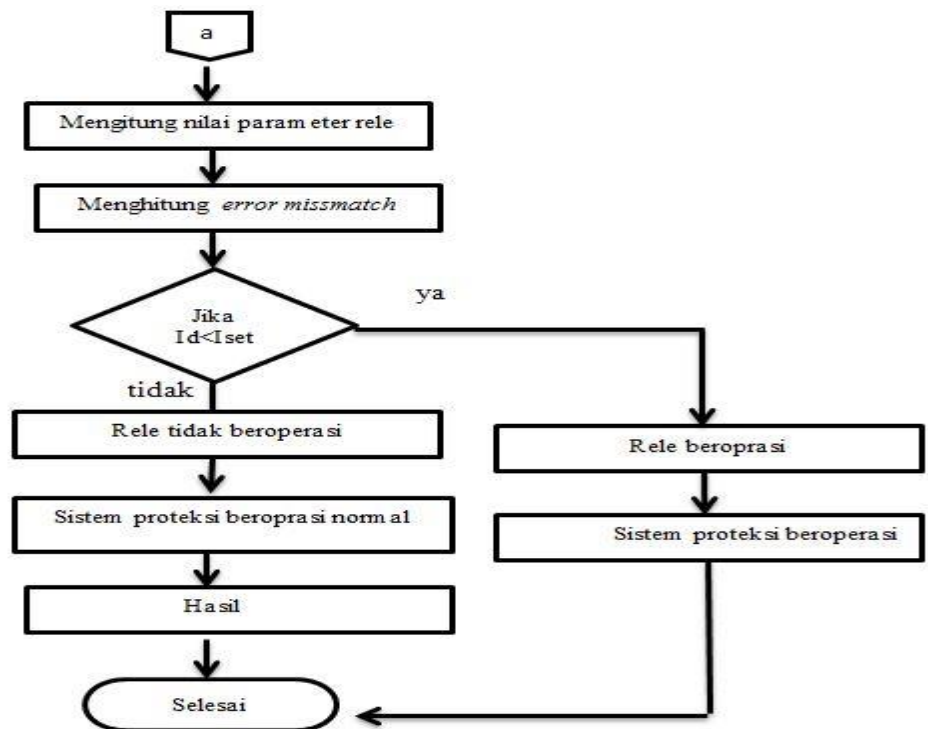
Gambar 1. Rangkaian rele diferensial

Gardu Induk Wonosari memiliki 3 unit transformator daya yang fungsinya sebagai salah satu sistem transmisi energi listrik yang selanjutnya akan di distribusikan ke pelanggan. Tranformator supaya dapat bekerja maksimal maka harus dilindungi oleh proteksi berupa rele diferensial. Persettingan yang tepat pada rele diferensial dapat meningkatkan kinerja sistem proteksi tersebut agar terhindar dari hal yang merugikan.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di Gardu Induk 150 kV Wonosari dengan melakukan analisa sistem proteksi rele diferensial. Langkah pertama studi literatur dengan mengumpulkan sumber-sumber yang didalamnya membahas rele diferensial berupa yang relevan dengan tema penelitian ini, langkah berikutnya menumpulkan data yang diperlukan di di Gardu Induk Wonosari. Selanjutnya adalah pengolahan data yang terkumpul dengan mulai menghitung arus nominal, arus diferensial, arus setting dan *error mismatch*. Pengamatan penelitian ini dapat dilihat dari diagram alir sebagai berikut





Gambar 2. Diagram alir pengamatan

3. HASIL DATA DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan data yang digunakan oleh peneliti untuk perhitungan dan pembahasan dalam penelitian ini.

3.1 Data Tranformator Daya

Tabel 1. Data Tranformator daya

Merk	PAUWEL
Tegangan Primer	150 kV
Tegangan Sekunder	20 kV
frekuensi	50 kV
Kapasitas	60 MVA
Sambungan	YnynO
Impedansi	11,87 %

3.2 Perhitungan Nilai Parameter Rele

Perhitungan Parameter Rele adalah perhitungan untuk mencari nilai rasio CT pada trafo daya yang ada dengan cara menghitung nilai arus nominal dan arus rating. Langkah

selanjutnya setelah memperoleh rasio CT adalah menghitung nilai *error mismatch*, menghitung arus diferensial, arus restrain, arus *percent slope*, dan arus *setting* rele diferensial. Perhitungan terakhir adalah menghitung arus yang keluar pada CT ketika terdapat gangguan yang mengakibatkan berpengaruhnya rele diferensial.

3.2.1 Menghitung rasio CT ideal

Nilai rasio CT diperoleh dari perhitungan arus *rating*, dibawah ini merupakan persamaan untuk menghitung nilai arus *rating* :

$$I_{rat} = 110\% \times I_n \quad (1)$$

Dimana :

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad (2)$$

I_n = Arus nominal (A)

S = Daya tersalur (MVA)

V = Arus pada sisi primer dan sekunder (V)

Perhitungan I_n sisi tegangan 150 kV :

$$I_n = \frac{60000}{\sqrt{3} \times 150 \text{ kV}}$$

$$I_n = 230,94 \text{ A}$$

Perhitungan I_n sisi tegangan 20 kV :

$$I_n = \frac{60000}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}}$$

$$I_n = 1732,05 \text{ A}$$

Perhitungan I_{rating} sisi tegangan 150 kV :

$$I_{rat} = 110\% \times 230,94$$

$$= 254,034 \text{ A}$$

Perhitungan I_{rating} sisi tegangan 20 kV :

$$I_{rat} = 110\% \times 1732,05$$

$$= 1905,255 \text{ A}$$

Hasil yang diperoleh dari perhitungan arus nominal yang mengalir pada trafo di sisi tegangan 150 kV sebesar 230,94 A dan pada sisi tegangan 20 kV sebesar 1732,05 A. Hasil perhitungan yang didapat dari arus *rating* pada sisi tegangan 150 kV sebesar 254,034 A dan pada sisi tegangan 20 kV sebesar 1905,255 A, maka menurut perhitungan tersebut rasio CT terpasang pada sisi tegangan 150 kV adalah 300:1 A dan pada sisi tegangan 20 kV adalah

2000:1. Hasil tersebut dapat diketahui bahwa disaat arus mengalir pada trafo sisi tegangan 150 kV sebesar 300 A maka akan terbaca 1 A. Rasio CT pada Gardu Induk Wonosari dipilih 300 A dan 2000 A karena rasio tersebut mendekati nilai *rating* dan rasio tersebut sesuai yang ada di pasaran.

3.2.2. Error Mismatch

Menentukan *Error Mismatch* dapat ditentukan dengan cara melakukan perbandingan antara CT ideal dengan CT hasil dari produksi pabrik yang dijual dipasaran saat ini. Syarat untuk melakukan perbandingan antar kedua CT tersebut, yaitu besar rasio yang digunakan tidak boleh lebih dari 5 % . Persamaan dibawah ini merupakan untuk melakukan perhitungan *Error Mismatch* yaitu :

$$Error\ Mismatch = \frac{CT\ Ideal}{CT\ Terpasang} \% \quad (3)$$

Dimana :

$$\frac{CT_2}{CT_1} = \frac{V_1}{V_2} \quad (4)$$

CT (Ideal) = trafo arus ideal

V_1 = tegangan sisi tinggi

V_2 = tegangan sisi rendah

Menghitung *Error Mismatch* pada sisi tegangan 150 kV :

$$CT_1(Ideal) = CT_2 \times \frac{V_2}{V_1} \quad (5)$$

$$CT_1(Ideal) = \frac{2000}{1} \times \frac{20\ kV}{150\ kV} = 266,66\ A$$

$$Error\ Mismatch = \frac{266,66}{300} = 0,88\%$$

Menghitung *Error Mismatch* pada sisi tegangan 20 Kv :

$$CT_2(Ideal) = CT_1 \times \frac{V_1}{V_2}$$

$$CT_2(Ideal) = \frac{300}{1} \times \frac{150\ kV}{20\ kV} = 2250\ A$$

$$Error\ Mismatch = \frac{2250}{2000} = 1,125\%$$

Hasil perhitungan yang diperoleh, diketahui bahwa nilai CT_1 ideal yaitu 266,66 A dengan nilai *error mismatch* 0,88%, dan pada CT_2 ideal diperoleh nilai sebesar 2250 A dengan nilai *error mismatch* 1,125%.

3.2.3. Menentukan Nilai Arus Sekunder pada CT

Arus yang dikeluarkan oleh CT disebut arus sekunder, dibawah ini merupakan persamaan untuk menghitung nilai arus sekunder yaitu

$$I_{\text{sekunder}} = \frac{1}{\text{rasio CT}} \times I_n \quad (6)$$

Menghitung pada sisi tegangan 150 kV :

$$I_{\text{sekunder}} = \frac{1}{300} \times 230,94 = 0,769 \text{ A}$$

Menghitung pada sisi tegangan 20 kV :

$$I_{\text{sekunder}} = \frac{1}{2000} \times 1732,05 = 0,866 \text{ A}$$

3.2.4. Menentukan Nilai arus Diferensial Pada CT

Persamaan dibawah ini dapat digunakan untuk mencari nilai arus diferensial.

$$I_{\text{dif}} = I_2 - I_1 \quad (7)$$

Dimana:

I_{dif} = Arus Diferensial

I_1 = Arus Sekunder CT₁

I_2 = Arus Sekunder CT₂

Menghitung arus diferensial :

$$I_{\text{dif}} = 0,866 - 0,769 = 0,097 \text{ A}$$

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa nilai selisih antara arus sekunder CT₁ dengan arus sekunder CT₂ menghasilkan selisih sebesar 0,097, dengan selisih tersebut dapat dijadikan pembandingan pada *setting* rele diferensial.

3.2.5. Menentukan Arus Restrain Pada CT

Persamaan arus restrain :

$$I_{\text{restrain}} = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad (8)$$

Dimana:

I_r = Arus penahan (A)

I_1 = Arus sekunder CT1 (A)

I_2 = Arus sekunder CT2 (A)

Menghitung arus restrain :

$$I_{\text{restrain}} = \frac{0,769 + 0,866}{2} = 0,817$$

Hasil perhitungan nilai arus restrain sebesar 0,817 A. Perubahan tap trafo daya menyebabkan rasio pada sisi tegangan primer dan tegangan sekunder yang akan berakibat

pada naiknya arus rele diferensial, hal tersebut juga mempengaruhi kenaikan arus restrain.

Agar rele tidak bekerja maka dibutuhkan rele diferensial

3.2.6. Menentukan *Percent Slope*

Dengan membagi arus diferensial dan arus restrain maka diperoleh nilai *Percent slope*. $Slope_1$ bertugas untuk menentukan arus diferensial dan arus restrain agar dapat bekerja pada kondisi normal dan terhadap gangguan internal, sedangkan $slope_2$ bertugas untuk tidak bekerja pada saat gangguan eksternal.

Persamaan *Percent slope* :

$$slope_1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100 \% \quad (9)$$

$$Slope_2 = \left(\frac{I_d}{I_r} \times 2 \right) \times 100 \% \quad (10)$$

Dimana :

$slope_1$: setting kecuraman 1

$slope_2$: setting kecuraman 2

I_d : Arus Diferensial (A)

I_r : Arus Restrain (A)

Menghitung $slope_1$:

$$\begin{aligned} slope_1 &= \frac{0,097}{0,817} \times 100 \% \\ &= 11,87 \% \end{aligned}$$

Menghitung $slope_2$:

$$\begin{aligned} Slope_2 &= \left(\frac{0,097}{0,817} \times 2 \right) \times 100 \% \\ &= 23,74 \% \end{aligned}$$

Perhitungan *Percent slope* menghasilkan nilai $slope_1$ sebesar 11,87 % sedangkan $slope_2$ sebesar 23,74 %.

3.2.7. Menghitung Arus *Setting*

Persamaan :

$$I_{set} = \%slope \times I_{restrain} \quad (11)$$

Dimana :

I_{set} : Arus Setting

$\% slope$: Setting Kecuraman (%)

Menghitung arus *setting* :

$$\begin{aligned} I_{set} &= 11,87 \% \times 0,817 \\ &= 0,118 \times 0,817 \\ &= 0,096 \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan dengan mengalikan slope dan *I restrain* mendapatkan nilai arus *setting* sebesar 0,096 A, akan tetapi arus *setting* sendiri dibuat 0,1 A atau 30% dengan alasan kesalahan sadapan 10%, kesalahan CT 10%, mismatch 4%, arus eksitasi 1%, dan faktor keamanan 5%.

3.2.8. Mengitung Gangguan Pada Transformator Daya

Persamaan Gangguan Pada Transformator Daya yaitu:

$$I_f \text{ relay} = I_f \times CT_2 \quad (12)$$

$$I_{2 \text{ fault}} = \frac{I_f \text{ relay}}{I_2} \quad (13)$$

$$I_d = I_{2 \text{ fault}} - I_1 \quad (14)$$

$$I_{2 \text{ fault}} = I_1 + I_d \quad (15)$$

$$I_f \text{ relay} = I_{2 \text{ fault}} \times I_2 \quad (16)$$

$$I_f = I_{2 \text{ relay}} \times CT_2 \quad (17)$$

Dimana :

$I_f \text{ relay}$: Arus gangguan yang dibaca rele

I_f : Arus yang masuk pada rele

CT_2 : Rasio CT_2

I_2 : Arus sekunder CT_2 sebelum terjadi gangguan

I_d : Arus diferensial

I_1 : Arus sekunder CT_1

$I_{2 \text{ fault}}$: Arus sekunder CT_2 saat terjadi gangguan

Menghitung arus gangguan sebesar 5800 A pada sisi tegangan 20 kV :

$$I_f \text{ relay} = 5800 \times \frac{1}{2000}$$

$$= 2,9 \text{ A}$$

$$I_{2 \text{ fault}} = \frac{2,9}{0,866}$$

$$= 3,348 \text{ A}$$

$$I_d = 3,348 - 0,769$$

$$= 2,579 \text{ A}$$

Hasil arus gangguan mendapatkan nilai sebesar 3,348 A dan arus diferensial sebesar 2,579 A. Perhitungan tersebut diketahui rele diferensial akan aktif dan memberikan sinyal ke Pemutus tenaga (PMT) untuk memutuskan, karena nilai arus differensial lebih tinggi dari setting arus yang telah ditentukan sebelumnya.

Menghitung arus gangguan sebesar 1400 A pada sisi tegangan 20 kV :

$$I_f \text{ relay} = 1400 \times \frac{1}{2000}$$

$$= 0,7 \text{ A}$$

$$I_{2 \text{ fault}} = \frac{0,7}{0,866}$$

$$= 0,808 \text{ A}$$

$$I_d = 0,808 - 0,769$$

$$= 0,039 \text{ A}$$

Nilai yang didapatkan dari perhitungan arus gangguan sebesar 0,808 A dengan arus diferensial yaitu 0,039 A. Hal ini mengakibatkan bahwa rele diferensial tidak akan bekerja karena nilai arus differensial masih lebih kecil dari nilai *setting* arus.

nilai arus diferensial menjadi sebesar 0,1 A, disebabkan gangguan hubung singkat dengan perhitungan dibawah ini :

$$I_{2 \text{ fault}} = I_1 + I_d$$

$$= 0,769 + 0,1 = 0,869 \text{ A}$$

$$I_f \text{ relay} = I_{2 \text{ fault}} \times I_2$$

$$= 0,869 \times 0,866 = 0,752 \text{ A}$$

$$I_f = I_2 \text{ relay} \times CT_2$$

$$= 0,752 \times 2000 = 1504 \text{ A}$$

Dari perhitungan diatas arus yang perbolehkan mengalir secara maksimum pada sisi tegangan rendah 1504 A ketika nilai arus diferensial 0,1 A, oleh karena itu rele dapat bekerja pada saat arus masuk melebihi dari nilai 1504 A.

4. PENUTUP

Berdasarkan dari hasil penelitian dan perhitungan data yang dilakukan peneliti di Gardu Induk Wonosari, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Menentukan rasio CT dilakukan dengan cara mencari nilai arus *rating*. Hasil arus *rating* pada sisi tegangan 150 kV sebesar 254,034 A dan pada sisi tegangan 20 kV sebesar 1905,255 A.
- 2) Perhitungan rele diferensial pada arus sekunder CT₁ dengan arus sekunder CT₂ menghasilkan selisih sebesar 0,097, dengan selisih tersebut dapat dijadikan pembandingan pada *setting* rele diferensial.
- 3) Hasil *error mismatch* pada tegangan tinggi sebesar 0,88%, dan pada *error mismatch* tegangan rendah 1,125%.
- 4) Perhitungan *Percent slope* menghasilkan nilai *slope₁* sebesar 11,87 % sedangkan *slope₂* sebesar 23,74 %.
- 5) Perhitungan arus *setting* mendapatkan hasil sebesar 0,1 A diharapkan agar sistem proteksi transformator beroperasi secara optimal dan meminimalisir gangguan.

PERSANTUNAN

Penulis pada kesempatan kali ini mengucapkan terimakasih dan bersyukur kepada pihak yang telah membantu proses pembuatan tugas akhir :

- 1) Allah SWT yang telah memberikan nikmat, karunia, dan kesehatan serta kelancaran proses tugas akhir.
- 2) Rasulullah Muhammad SAW, yang telah beliau ajarkan ilmu kepada umatnya.
- 3) Bapak dan Ibu yang tak lelah memberikan doa dan motivasinya
- 4) Bapak Ir. Bapak Jatmiko, MT selaku pembimbing, yang telah meluangkan waktunya dan selalu memberikan arahan, dorongan dan saran untuk tugas akhir ini
- 5) Pihak Gardu Induk Wonosari telah mengizinkan pengambilan data sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir
- 6) Aji danang, Dwi Ari, Ari Payment, Krisna, Agus Santoso, Angga, Ahmad Ardianto teman boyah dan savage disaat penulis merasa bosan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus, Michael. (2017). *Pasokan Listrik Bertambah 9.246 MW di Era Jokowi*.
<https://finance.detik.com/energi/d-3599439>.
- Dashti Hamed, Sanaye majid. (2014). *Power Transformer Protection Using a Multiregion Adaptive Differential Relay*. Departmen of Electrical. University of Tehran, Tehran, Iran.
- Glazyrin V.E. & Litvinov I.I. (2017). *Distinctive Features of Faults for Use in Power Transformer Differential*. Technical University Novosibirsk, Novosibirsk, Russian.
- Kang Y. C, Jin E. S. (2004). *Compensated-current differential relay for protection of transformers*. NPTC & Div. of Electron. & Inf. Eng., Chonbuk Nat. Univ., Chonju, South Korea
- Moravej,Z & Abdoos, A. A. (2012). *An Improved Fault Detection Scheme for Power Transformer Protection*.Departmen of Electrical and Computer Engineering. Semnan University, Semnan, Iran.
- Prasetijo Hari & Arif Firman. (2010). *Analisis Kerja Rele Overall Differential pada Generator Unit I PLTA Ketenger PT Indonesia Power UBP Mrica*.Teknik Elektro.Universitas Jenderal Soedirman.
- Yuniarto, Arkhan Subari, dan Dinda Hapsari Kusumastuti. (2015). *Setting Relay Differensial Pada Gardu Induk Kaliwungu Guna Menghindari Kegagalan Proteksi*. Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Zhalefar Farzad & Sanaye Majid. (2010). *A New Fuzzy-logic-based Extended Blocking Scheme for Differential Protection of Power Transformers*. School of Electrical and Computer Engineering. University of Tehran, Tehran, Iran.